Aus der Universitätsklinik und Poliklinik
für Mund-, Zahn- und Kieferkrankheiten, Bonn.
Direktor: Prof. Dr. Proell.

Folien, Spitzen, Feilung und ihre Eignung zur Amalgamfüllung.

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der zahnärztlichen Doktorwürde

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Rheinischen Friedrich Wilhelms-Universität zu Bonn.

*

Vorgelegt am 20. Oktober 1936

von

Alois Kobold

Zahnarzt aus Heiligenstadt (Eichsfeld).

BONN 1936.

Anton Brand, Bonn.

Gedruckt
mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
der Universität Bonn.

Referent: Prof. Dr. Proell.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meiner lieben Mutter

in Dankbarkeit gewidmet.

Folien, Spitzen, Feilung und ihre Eignung zur Amalgamfüllung.

Mit der Erkenntnis der Wichtigkeit der Erhaltung natürlicher Zähne wuchs auch das Bedürfnis ein Füllungsmaterial für dieselben zu erfinden, das man als Dauerfüllung ansprechen kann. Der idealste Werkstoff für Zahnfüllung ist und bleibt Gold. Da sich nun die wenig begüterten Volksschichten kein Gold leisten konnten, war die Wissenschaft gezwungen ein Material zu erfinden, das relativ billig war, und das vor allen Dingen den Anforderungen der Fülltechnik entsprach. Dieses Material entdeckte man im Amalgam. Unter Amalgam verstehen wir eine Verbindung von reinen Metallen oder Metalllegierungen mit Quecksilber. Dieses Gemisch vereinigt sich zu einer plastischen Paste, die leicht verarbeitbar ist und nach einer gewissen Zeit durch einen besonderen Kristallisationsvorgang und chemischen Verbindung erhärtet.

Beim Amalgam unterscheiden wir binäre oder einfache Amalgame, das sind solche, bei denen sich ein reines Metall mit Quecksilber verbindet, und ternäre, quaternäre, bei denen Metallegierung und Quecksilber eine Verbindung eingehen. Zu der letzten Gruppe gehören die in der zahnärztlichen Praxis gebrauchten Gold- und Silberamalgame.

Diese bestehen in der Hauptsache aus den Metallen Silber, Gold, Zinn und Quecksilber. Man bezeichnet diese Amalgame wegen ihres hohen Gehaltes an Edelmetallen auch als Edelamalgame, im Gegensatz zu dem Kupferamalgam, das als unedles Amalgam bezeichnet wird. Durch dieses Material wurde es möglich auch den wenig begüterten Volksschichten die für die Gesundheit so wichtigen Zähne einwandfrei zu erhalten. Das Füllen der Zähne mit Amalgam ist heute eine ebenso

wichtige Maßnahme wie früher die Behandlung mit Gold. Deshalb verlangte es ein sorgfältiges Studium und eine große Erfahrung, um den Ansprüchen eines guten Ersatzes gerecht werden zu können.

Die Amalgamfüllungen kamen aber in der Mitte des vorigen Jahrhunderts, in der Zeit, in der ein jeder nach eigenem Rezept sein Amalgam herstellte, in dem einfach gewöhnliches Münzsilber fein gefeilt mit Quecksilber verrieben wurde, dadurch in den Verruf, daß die Füllungen in keiner Weise volumenbeständig waren. Ein und dasselbe Rezept lieferte manchmal schrumpfende, manchmal expandierende Amalgame. Solche Volumenveränderungen zeigten sich damals schon nach Wochen und Monaten. Dieses „Amalgam" wurde nun als Geheimmittel zu hohen Preisen verkauft. Erklärlicher Weise war das Material sehr dürftig. Es war einmal schwer amalgamierbar, erhärtete langsam, und es war meist schon zum größten Teil durch den Speichel vor erfolgter Erhärtung ausgewaschen. Ferner hatte das Amalgam manche Anfechtung in Bezug auf Giftigkeit durch das Quecksilber durchmachen müssen. Diese Anfechtungen bestanden wohl zum Teil zu Recht, zum Teil zu Unrecht. Denn wenn jeder nach seinem eigenen Ermessen Legierung und Quecksilber mischt, dann kann sowohl für den Patienten wie für den Praktiker eine Schädigung eintreten. Besteht aber die richtige Dosierung von Legierung und Hg, so ist es weniger möglich, daß irgend welche Schädigungen eintreten. Etwas anderes ist es beim Kupferamalgam, das beim Erhitzen Quecksilberdämpfe abscheidet und so für den Praktiker eine Gefahr bedeuten kann.

Verbessert wurde nun das Amalgam, als seine Herstellung vollkommen an die Industrie überging, die sich die materialkundigen Messungen und Versuche von Black, Witzel, Fenchel und anderer zu Nutzen machte. Die Absicht ein Material von stets gleichbleibenden Eigenschaften heraus zu bringen, verlangt eine peinliche Einhaltung des einmal als günstig erkannten Herstellungsverfahrens. Da bei Metall-

legierungen die Eigenschaften nicht nur von der Zusammensetzung, sondern auch von den mechanischen und thermischen Vorbehandlungen im hohen Maße abhängig sind, spielt die Überwachung des Herstellungsvorganges eine wichtige Rolle.

Welche hauptsächlichen Anforderungen muß man nun an ein Füllungsmaterial stellen?

Die Güte und Brauchbarkeit eines Füllungsmaterials ist von einer ganzen Reihe wichtiger Eigenschaften abhängig. Diese müssen vor allen Dingen den Forderungen der Funktion und Kosmetik genügen, die wiederum in physikalischer Formbeständigkeit und chemischer Unveränderlichkeit gipfeln. Von überwiegender Bedeutung ist die funktionelle Forderung. Die kosmetische hat ihr Hauptinteresse im Frontzahngebiet. Die funktionelle Anforderung besteht darin, daß das Material im Stande ist, den Kau- und Artikulationsdruck auszuhalten, der von erheblicher Größe ist, zumal in der Summation seiner Betätigung. Von Bedeutung sind Härte und Festigkeit. Eine große Härte verhindert frühzeitige Abnutzung, während eine hohe Festigkeit ein Absprengen, die Bruchgefahr verhindert.

Von speziellem Interesse sind alle physikalischen Eigenschaften, die man zusammenfassend als Widerstandsfähigkeit auffassen kann, die gewissermaßen eine Funktion von Härte und Festigkeit darstellt.

Härte und Festigkeit sind als zusammenhängende physikalische Erscheinungsformen von der Kohäsion der Masse abhängig. Beide zur Widerstandsfähigkeit gehörenden Eigenschaften schließen sich im Extrem aus. Denn je härter ein Material ist, umso weniger fest oder zähe ist es, es ist brüchiger, spröder. Härte ist eine Eigenschaft, die jeder Beanspruchung der Oberfläche entgegen wirkt. Festigkeit muß einer vertikalen Druckbeanspruchung Widerstand bieten.

Ein weiterer wichtiger Faktor, der den physikalischen Eigenschaften zuzurechnen ist, und der mitbestimmend für die Güte eines Füllungsmaterials ist — er betrifft nämlich nur die Gruppe der plastischen Füllmittel — ist die Erhärtungsdauer.

Die ganze Gruppe hat eins gemeinsam. Die zuerst vorhandene Plastizität geht über den Weg der Erstarrung in hochgradige Härte über.

Von weiteren Eigenschaften sei hier abgesehen, und wir wollen unser Interesse nur der einen Art der plastischen Füllmittel, dem Amalgam, zuwenden.

Aber auch hier will ich nur die geeigneste Art der Zerkleinerung einer Legierung, ob Folien, Spitzen oder Feilung, die sich am besten zur Füllung eignet, heraus suchen.

Was versteht man unter Folien, Spitzen, Feilung?

Silber, Zinn, Kupfer und Zink werden in einem Schmelztiegel zusammen getan und bei einer Temperatur von zirka 1000 Grad zusammen geschmolzen. Darauf wird die Legierung in Stangen ausgegossen. Diese Stangen werden nun, je nach dem man sie als Spitzen oder Feilung haben will, durch Fräsen in feine bis allerfeinste Spänchen abgedreht. Will man Folien herstellen, so werden die Spänchen durch zwei Walzen, die gegeneinander laufen, zu dünnen Schuppen ausgewalzt und platt gedrückt, um die Oberfläche zu vergrößern. Bei den Folien ist die Legierung derart locker, daß sie schon unter leichtem Fingerdruck zu Staub zerfallen.

Natürlich ist es notwendig, daß jede Zerkleinerung entmagnetisiert, gesiebt und getempert wird, ehe sie in den Handel kommt.

Welchen Einfluß hat nun die Form der Teilung auf die Amalgamation?

Je größer die Angriffsfläche ist, die in der Art der Zerkleinerung dem Quecksilber geboten wird, desto schneller und vollkommener verläuft die Amalgamation. Die Angriffsfläche ist aber um so größer, je feiner die Feilung ist.

Zu Beginn meiner Arbeit stellte ich zunächst Untersuchungen über die Zusammensetzung der einzelnen Verspanungsarten an. Alle Legierungen waren gleich zusammengesetzt, und zwar ergaben sie an:

1. Silbergehalt 67 %,
2. Zinngehalt 27,5 %,
3. Kupfergehalt 4 %,
4. Zinkgehalt 1,5 %.

Welche Aufgabe fällt nun den einzelnen Metallen zu?

Der hohe Silbergehalt bedingt eine raschere Erhärtungsgeschwindungskeit und eine größere Festigkeit. Die Härtekomponente wird durch das Kupfer erhöht, während Zink die Farbbeständigkeit unterstützen soll. Der Zinngehalt macht die Amalgamierung leichter und sichert die Plastizität.

Der höher prozentige Silbergehalt, mit der dadurch bedingten größeren Hg.-Aufnahme, hat eine geringe Expansion zur Folge, also einen guten Randschluß. Eine Legierung von 50 % Silber vermag weniger Hg. aufzunehmen, was zu einer Kontraktion der Amalgamfüllung Veranlassung gibt.

Meine Untersuchungen, über die Verspanungsarten, die sich am besten zu einer Amalgamfüllung eignen, stellte ich mit „Jotalloy“ an, ein Amalgam der Jotawerke, Düsseldorf. Die Untersuchung des Materials erstrekte sich auf:

1. Erhärtungsgeschwindigkeit,
2. Kanten- oder Spaltfestigkeit,
3. Stichfestigkeit,
4. Druckfestigkeit,
5. Biegungsfestigkeit,
6. Schlag- und Stoßfestigkeit,
7. Säurefestigkeit,
8. Alkalifestigkeit,
9. Reibungsverschleiß,
10. Prüfung auf Farbbeständigkeit,
11. Prüfung auf Expansion und Kontraktion.

Vorausschicken möchte ich, daß ich bei meinen ganzen Versuchen nur Vergleichswerte ermitteln konnte, da ich mir bewußt bin, daß ich keine den Mundverhältnissen entsprechende Resultate erhalten konnte. Ein weiterer Grund, um nur Vergleichswerte erhalten zu können, liegt wohl darin, daß sich

beim Stopfen der verschiedenen Amalgamscheiben und Zylinder stets mehr oder weniger Quecksilber abscheidet.

Um nun die Gleichmäßigkeit meiner Versuche zu erhöhen, war es nötig die richtige Dosierung von Hg und Legierung, die Anrührmethode und Amalgamierungszeit genau einzuhalten. Denn eine feine Silberlegierung, die erst Hg aufnimmt, und sich zu diesem Zwecke bis auf die Atome aufspaltet, bildet chemisch völlig neue Körper mit neuen chemischen und physikalischen Eigenschaften, auch mit einer verschiedenen Dichte. Sie muß daher ihre Form, ihre Volumen ändern, wenn man nicht ganz bewußt die verschiedenen Eigenschaften verschiedener Legierungen gegeneinander wirken läßt. Um dieses zu erreichen, darf aber der Gehalt an Quecksilber nicht dem Zufall überlassen bleiben. Würde man nämlich die Mischung empirisch vornehmen, indem man nach Augenmaß Hg und Legierung amalgamiert, und den Hg-Überschuß nachträglich auspreßt, so würde man niemals ein korrektes Mischungsverhältnis erhalten. Außerdem würden etwa ausgelöste Metallmengen hierbei verloren gehen. Würden wir aber einen zu großen Überschuß von Hg in der Füllung haben, so nimmt anfangs die Härte etwas zu, läßt aber nach Erreichung eines Optimums schnell nach. Dies ist aber für die Praxis lehrreich, für die, die gewohnt sind, mit erheblichem Hg-Überschuß eine recht plastische Amalgamfüllung zu legen und nachträglich den oberflächlichen Hg-Überschuß zu entfernen. Eine so gelegte Füllung wird sich zwar bequem aufbauen lassen, wird aber dem Kaudruck nicht genügenden Widerstand entgegensetzen können.

Das Mischungsverhältnis Legierung : Quecksilber betrug nun für Folien 1 : 1, für Nadeln 1 : 1, für Feilung 1 : 1,13. Um nun dieses Mischungsverhältnis von Verspanung zu Quecksilber, also die genaue Dosierung, in jedem Falle, innehalten bzw. garantieren zu können, benutzte ich zu allen meinen Versuchen die Jotalloyampulle.

Diese Ampulle besteht aus einem Weichgummiröhrchen, dessen eines Ende in einer Kugelform ausläuft. Dieser kugelförmige Teil dient zur Aufnahme der Legierung, die durch eine Klemme luftdicht abgeschlossen wird. Im anschließend röhrenförmigen Teil der Ampulle wird das Quecksilber in entsprechend dosierter Weise untergebracht. Dann wird das Gummiröhrchen durch eine Aluminiumklammer ebenfalls luftdicht abgeschlossen. Bei Gebrauch wird nun durch Wegnahme der Klemme das Hg mit der Legierung vereinigt und bei Handwärme 2 Minuten in der Ampulle angerieben, sodaß Differenzen durch besseres bzw. schlechteres Anrühren vermieden werden. Nach fertiger Amalgamation wird die Aluminium-Klammer entfernt, und man hat stets ein exaktes und homogenes Amalgam zur Hand. Diese Ampulle vermittelt mir also neben totalem Abschluß des Quecksilbers eine vollkommen gleichmäßige Amalgamierung.

Erhärtungsgeschwindigkeit.

Zu den Punkten, die bei der Beurteilung der zu Zahnfüllungen verwendeten Amalgame von Bedeutung sind, gehört die Härte. Von der Härte hängt nämlich die Größe der Abnutzung durch das Kauen ab. Nicht nur die nach längerer Zeit erreichte Härte der Füllung ist von großer Wichtigkeit, sondern auch die Erhärtungsgeschwindigkeit. Denn einmal soll das Amalgam nicht zu schnell erhärten, damit es noch einige Zeit zur Abfüllung plastisch bleibt, um die Artikulation durch einen kräftigen Biß herstellen zu können, andererseits darf aber die Erhärtung nicht zu langsam vor sich gehen, damit der Patient schon nach 1—2 Stunden, wenn auch nur mit Vorsicht, feste Nahrung zu sich nehmen kann.

Wie geht nun die Erhärtung einer Amalgampaste zu einer festen Zahnfüllung vor sich, die den Druck beim Kauen aushält? Nach Witzel geht der Vorgang folgendermaßen vor sich. Die Legierung wird von dem Quecksilber durch-

setzt und vollständig aufgelöst. Voraussetzung ist nun, daß das Gemisch keine größere Menge von Kupfer enthält, das ja vom Quecksilber nicht gelöst wird, sondern ja nur benetzt in Form feiner Partikelchen in der Paste aufgehoben bleibt. Die festen Amalgame sind keine amorphen Körper, sondern sie sind von kristallinischer Struktur. Das Knirschen, das wir einige Zeit nach dem Amalgamieren, wenn die Paste noch nicht erhärtet ist, wahrnehmen, ist wohl wahrscheinlich durch die Verschiebung der Kristalle des Amalgams bedingt. Dieses Knirschen tritt ein, sobald kein überschüssiges Quecksilber darin vorhanden ist, dadurch, daß es infolge einer darin vorgehenden körnigen Kristallisation erhärtet.

Um nun die einzelnen Verspanungsarten der Legierung auf ihre Erhärtungsgeschwindigkeit zu prüfen, ordnete ich die Versuche folgenderweise an. Eine Lehre, in der genau zehn gleich große Löcher von 10 mm Durchmesser und 5 mm Tiefe eingebohrt waren, wurde nacheinander mit Folien-, Spitzen-, Feilungsamalgam vollgestopft, und die Eindringtiefe einer Stahlnadel, die mit einem Gewicht von 2 kg belastet war, nach ganz bestimmten Zeiten an einer Skala abgelesen.

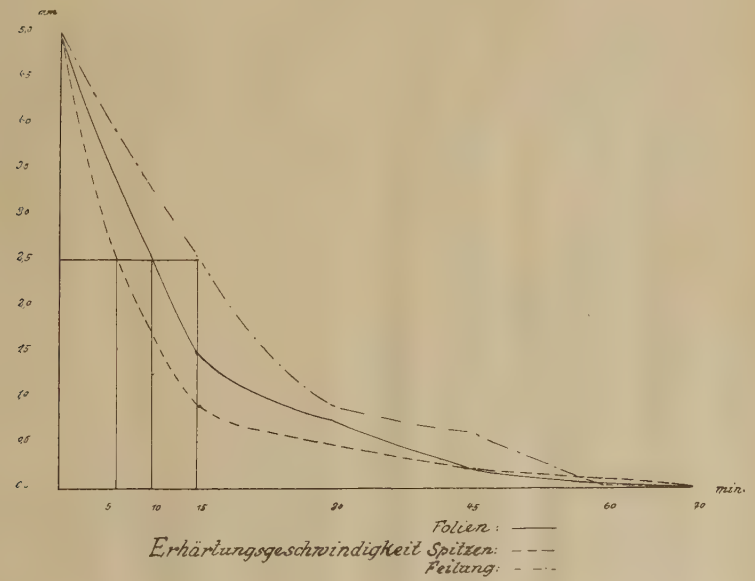
Bei der Erhärtungsgeschwindigkeit unterschied ich nun zwei Phasen. Die Phase I ging vom Anfang des Amalgamierens bis zum Ende der Verarbeitungszeit, Phase II vom Ende der Verarbeitungszeit bis zur ersten Abbindung, bei der die Füllung schon auf Kaudruck beansprucht werden kann.

Je weicher nun ein Amalgam ist, umso tiefer dringt die Nadel ein. Die Eindringtiefen nahmen im Laufe der Zeit ab. Die Phase II war vollendet, wenn die Nadel nicht mehr in das Amalgam einzudringen vermochte. Die Zeit war sowohl für Folien-, Spitzen- und Feilungsamalgam mit 70 Minuten erreicht. Das Ende der Verarbeitungszeit fiel mit einer Eindringtiefe der Nadel von 2,5 mm zusammen. Je länger nun ein Material verarbeitbar ist, und je kürzer die darauffolgende vollkommene Abbindung umso günstiger muß ein Amalgam beurteilt werden. Der Bruch „Verarbeitungsmögliche

Zeit“ = A zur „totalen Abbindungszeit“ = B muß möglichst groß sein. Also A : B = Maximum. Dieser Bruch betrug nun bei Folien = 0,14, bei Spitzen = 0,09, und bei Feilung = 0,21.

Erhärtungsgeschwindigkeit.

Zeit	Folien				Spitzen				Feilung			
Min.	Versuche				Versuche				Versuche			
	1.	2.	3.	M.W.	1.	2.	3.	M.W.	1.	2.	3.	MW.
0	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
5	3,70	3,60	3,55	3,62	2,80	2,80	2,80	2,80	4,20	4,10	4,00	4,10
10	2,65	2,50	2,50	2,55	1,80	1,80	1,60	1,73	3,30	3,30	3,30	3,30
15	1,50	1,50	1,45	1,48	1,00	0,90	0,85	0,92	2,70	2,50	2,45	2,55
30	0,80	0,75	0,70	0,75	0,50	0,50	0,45	0,48	1,00	1,00	0,70	0,90
45	0,30	0,20	0,20	0,23	0,25	0,20	0,20	0,22	0,70	0,50	0,50	0,62
60	0,15	0,00	0,00	0,05	0,10	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05	0,00	0,03
70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Erhärtungsgeschwindigkeit

Aus dieser Versuchsreihe ergab sich einwandfrei, daß bei Feilung der günstigste Wert erreicht war. Zu beachten ist vor allen Dingen, daß die Zeit A nicht unter einen gewissen Wert absinken darf.

Sieht man sich nun auf Grund der Tabelle die graphische Darstellung an, so sieht man auf den ersten Blick, daß für die Phase II, also vom Ende der Verarbeitungszeit bis zur ersten Abbindung, bei der die Füllung schon einem leichten Kaudruck ausgesetzt werden kann, kein Unterschied besteht. Bei allen drei Verspanungsarten endet die Phase II bei 70 Minuten. Wohl besteht bei den Folien, Spitzen und Feilung ein Unterschied in der Verarbeitungszeit, also in der Phase I, und zwar betrug die Verarbeitungszeit für Folien ungefähr 10 Minuten, bei Spitzen zirka 6,5 Minuten und bei Feilung 15,0 Minuten. Bedenken muß man aber immer, daß in jedem Falle von der angegebenen Verarbeitungszeit die Zeit, die man zum Amalgamieren braucht, die immer konstant war, und 2 Minuten betrug, in Abrechnung gebracht werden muß.

Man kann also erkennen, daß das Feilungsamalgam den günstigsten Wert erreichte. Es wird wohl jedem Praktiker möglich sein in aller Ruhe und Sorgfalt innerhalb von 13 Minuten, während die Zeit für Spitzen 4,5 Minuten, für Folien 8,0 Minuten beträgt, auch die schwierigste Füllung „lege artis“ zu legen.

Bei den Spitzen tritt eine schnelle erste Abbindung ein. Es muß daher angenommen werden, daß bei ihnen die Kristallisation und Kristallbildung in ganz anderer Weise vor sich gehen. Diese schnellere Abbindung verlangsamt sich aber merkwürdigerweise wieder, sodaß trotz anfänglicher schnellerer Abbindung die Phase II mit der der Folien und Feilung zusammenfällt.

Bei den Folien- und Feilungsamalgamen haben wir im Anfang eine ausreichende Plastizität, das heißt, die Verarbeitungszeit ist länger als die der Spitzenamalgame. Für Folien betrug sie 10,0 Minuten, für Feilung 15 Minuten. Die Amal-

game bleiben also für die Modellierung der Kauflächen genügend lange weich. Nach 70 Minuten sind sie aber schon so hart, daß sie einen nicht allzu scharfen Biß aushalten, ohne die modellierten Kauflächen zu zerstören, oder etwa gar eine Kante absplittern lassen. Vergessen darf man auch nicht, daß während der Erhärtungszeit des Amalgams selbstverständlich immer freies Hg, auch im besten Edelamalgam bei ganz genauer Dosierung, vorhanden ist. Es könnte also die Gefahr der Hg-Abgabe bestehen, trotzdem nur die oberflächlichen Schichten einer Füllung Hg abgeben werden. Aus diesem Grunde ist es auch notwendig, daß die Erhärtungszeit möglichst schnell von statten geht.

Kanten- oder Spaltfestigkeit.

Der Praktiker, der gewohnt ist auf eine Dauerhaftigkeit seiner Konturfüllung besonderes Gewicht zu legen, muß von seinem Material einen erheblichen Grad von Kantenfestigkeit verlangen. Durch Biß und Gegenbiß findet die verschiedenartigste Belastung im Munde statt. Kanten, Höcker und Ecken der Füllungen sind gefährdete Stellen. Je geringer ihre Kantenfestigkeit ist, umso leichter geben sie plötzlich auftretenden Beanspruchungen nach. Sie brechen oder bröckeln ab, und schon nach kurzer Zeit wird die Füllung unbrauchbar. Ein Material muß aber in der Lage sein solchen plötzlich auftretenden Belastungen Widerstand zu leisten. Es muß also eine bestimmte Kantenfestigkeit besitzen.

Um diese Kantenfestigkeit zu prüfen, sind von Friedemann und Prof. Dr. Ludwig Apparate angegeben, die aber für diesen Versuch reichlich unzugänglich sein sollen.

Prof. Dr. Ludwig beschreibt in seinen Versuchen einen Fallhammer, der jedoch ungenaue und variable Ergebnisse infolge der Reibung des Fallhammers im Gestänge und der schwierigen Einstellung der Fallhöhe erzielt. Denn eine Differenz von wenigen mm in der Einstellung der Fallhöhe soll schon recht verschiedene Resultate ergeben. Der letzt-

genannte Autor beschreibt noch einen anderen Versuch: Ein Kegel wird in einer gewissen Entfernung vom Rande eines Amalgamkörpers angesetzt. Darauf wird der Kegel belastet. Bei einer gewissen Belastung springt die Kante des Körpers ab. Dieser Versuch bietet aber insofern große Schwierigkeiten, als die Kegelspitze in stets gleicher Entfernung von der Kante des Versuchskörpers angreifen soll. Um nun allen diesen Schwierigkeiten aus dem Wege zu gehen, schlägt Sterner-Rainer folgenden Versuch vor; Gleichartige, zylindrische Amalgamkörper sind so unter der Spitze eines 90grädigen Kegels aus Stahl zu bringen, daß Zylinderachse und Kegelachse zusammenfallen. Wird nun der Amalgamzylinder mit einer bestimmten Anzahl kg belastet, so springt der Körper in zwei gleiche Teile. Es wird hierbei nicht die Kante des Körpers abgespalten, sondern der ganze Körper wird in zwei Hälften gespaltet. Dieser Vorgang ist wohl dem Einbiß eines Gegenzahnes am ähnlichsten. Es ist daher wohl besser und zweckmäßiger nicht von Kantenfestigkeit, sondern von Spaltfestigkeit zu sprechen. Nach diesem Prinzip führte ich nun meine Prüfungen aus.

Für meine Versuche verwandte ich die Material-Prüfungsmaschine von Tarnogrocki, Essen, die es mir ermöglichte Druck- und Zerreißfestigkeiten bis zu 500 kg festzustellen.

Ich mußte also Amalgamzylinder haben, die alle unter den gleichen Bedingungen hergestellt waren. Ich benutzte hierzu eine in den Jota-Werken hergestellte Stahlmatrize von 5 mm Dicke, in der 10 genau gleich große Löcher eingebohrt waren. Der Durchmesser jedes Loches betrug ebenfalls 5 mm. In diese Matrize wurden die Amalgame mit möglichst gleichem Druck gestopft. Nach ihrer Erhärtung erhielt ich also lauter gleichmäßige Zylinder von 5 mm Höhe und 5 mm Durchmesser. Die zu spaltende Fläche beträgt $5 \times 5 = 25$ mm². Die auf der Prüfmaschine abgelesenen Werte mußten demnach mit 4 multipliziert werden, um auf Ergebnisse von 1 cm² zu kommen. Die Versuche ordnete ich nun so an, daß ich die

Prüfung auf Spaltfestigkeit in der 1., 2., 3., 4., 5. Stunde ausführte. Weiter wurde die Prüfung am 1., 2., 3., 5., 6. Tage ausgeführt. Die für die Spaltung nötigen kg konnte ich direkt an einer Skala ablesen. Ich fand nun für die verschiedenen Verspanungsarten der Amalgame folgende Ergebnisse: Tabelle und Diagramm lehren uns, daß für die Spaltfestigkeit zwischen Folien-, Spitzen- und Feilungsamalgamen ein Unterschied besteht. Während das Folienamalgam nach der ersten Stunde nur eine Last von 62,0 kg auszuhalten vermag, sind die Spitzen im Stande 70,0 kg auszuhalten, die Feilung sogar 78,7 kg. Diese Differenz bleibt zum Teil nach den einzelnen Stunden bestehen, zum Teil verringert sie sich, und wir sehen, daß nach 144 Stunden Folienamalgam eine Belastung von 274,7 kg, Spitzenamalgam 279,3 kg und Feilungsamalgam 284,0 kg auszuhalten vermag.

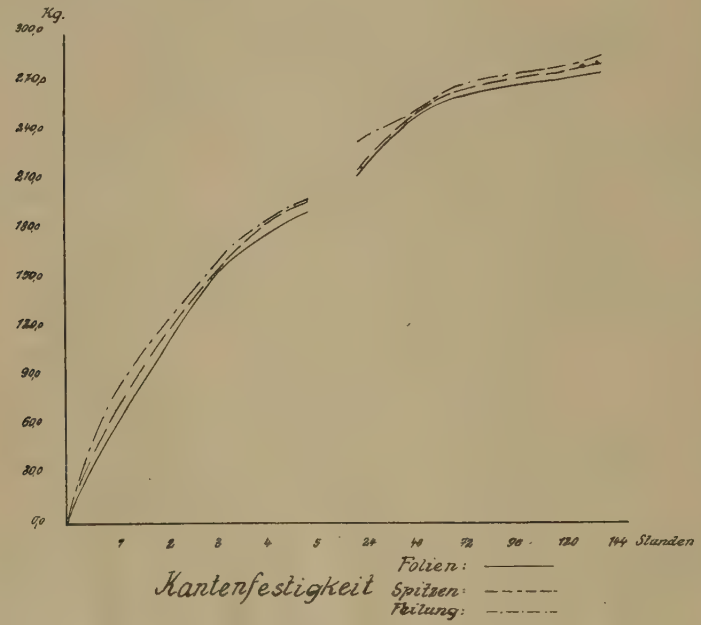
Kantenfestigkeit kg/cm²

Zeit	Folien				Spitzen				Feilung			
Stund.	Versuche				Versuche				Versuche			
	1.	2.	3.	M.W.	1.	2.	3.	M.W.	1.	2.	3.	M.W.
1	64	56	66	62,0	72	70	68	70,0	80	84	72	78,7
2	106	104	104	104,7	116	108	112	112,0	114	120	120	118,0
3	148	156	140	148,0	144	156	148	149,3	154	152	160	155,3
4	180	164	176	173,3	184	170	184	179,3	184	178	180	180,7
5	190	188	192	190,0	196	204	188	196,0	196	200	194	196,7
24	220	216	200	212,0	216	212	216	214,7	232	236	232	233,3
48	240	248	240	242,7	240	252	240	244,0	248	252	240	247,7
72	260	260	256	258,7	260	260	266	262,0	260	268	266	264,7
120	268	268	272	269,3	268	278	276	274,0	276	276	280	277,3
144	272	272	280	274,7	276	276	286	279,3	280	280	292	284,0

Woran mag es nun liegen, daß die Feilung von Anfang an eine höhere Spaltfestigkeit aufzuweisen hatte, als Folien und Spitzen?

Das Abbinden, also die Zunahme der Festigkeit, geschieht in Folge der chemischen Reaktion der einzelnen Zerkleinerungsarten mit dem flüssigen Quecksilber. Je inniger die

Mischung ist, umso kleiner ist der Weg, den das Quecksilber bis zur völligen Durchdringung der Folien- bzw. Spitzen- bzw. Feilungskörner zurücklegen muß, um so rascher steigt die Festigkeit an. Folglich müssen wir bei der Feilung das innigste Mischungsverhältnis haben.



Stichfestigkeitsprüfung.

Eine weitere Härteprüfung wurde mit dem „Sklerofix"-Apparat durchgeführt. Wenn mir die Versuche hiermit auch keine Umrechnung auf kg/cm² gestatten, so haben sie doch als Vergleichsprüfung eine gewisse Bedeutung.

Durch Federschlagwirkung wird eine Stahlnadel, die bei jedem Versuch erneuert wird, durch ein Blechblättchen von bekannter Dicke in den zu untersuchenden Körper eingetrieben. Da ja nun die Nadel eine konische Form hat, wird das Loch in dem Blechblättchen je nach der Tiefe des Nadel-

einstiches in den Körper größer oder kleiner. Mit Hilfe einer Uhr, die $^1/_{100}$ mm genau anzeigt, wird nun die Eindringtiefe genau ausgemessen, und hierdurch ist ein Vergleich unter den einzelnen Amalgamkörpern möglich. Diese Härteprüfung wurde nach 4 und 7 Tagen durchgeführt, und sie ergab folgende Resultate.

Folien:

4 Tage:	1,80	1,92	1,86	1,91	1,85	M.W. 1,86
7 Tage:	1,83	1,83	1,81	1,91	1,82	M.W. 1,94.

Spitzen:

4 Tage:	1,81	1,90	1,92	1,84	1,86	M.W. 1,86
7 Tage:	1,73	1,94	1,83	1,80	1,85	M.W. 1,83.

Feilung:

4 Tage:	1,81	1,80	1,86	1,92	1,86	M.W. 1,85
7 Tage:	1,81	1,79	1,85	1,85	1,88	M.W. 1,83

Wie man nun aus den Ergebnissen ersehen kann, besteht zwischen den drei Arten der Zerkleinerung kaum ein Unterschied. Folien-, Spitzen sowie Feilungsamalgam haben hier sowohl nach dem 4. als auch nach dem 7. Tage die ungefähr gleiche Härte.

Druckfestigkeit.

Um nun die Härte der Amalgame noch weiter zu prüfen, stellte ich Versuche auf Druckfestigkeit der Amalgame an.

Was versteht man unter Druckfestigkeit?

Als Druckfestigkeit wird diejenige Belastung bezeichnet, bei welcher die erste exakt meßbare Deformation oder Stauchung festgestellt wird. In der Hauptsache wurde aber die Bruchfestigkeit bestimmt, also die Belastungsgrenze, bei der ein Bruch des Prüfkörpers eintrat.

Der stärkste bislang von Black gemessene Kieferdruck betrug 100 kg. Da sich nun dieser Druck auf eine kleine Fläche konzentrieren kann, z. B. beim Aufbeißen auf einen

Knochen, Schrotkorn etc., so ist es notwendig, daß die Amalgamfüllung eine hohe Druckfestigkeit besitzt. Vorgeschrieben von der Amerikanischen Assosiation sind minimal 2500 kg pro cm^2. Die Werte die ich gefunden habe, bewegten sich zwischen 3952 kg und 4400 kg/cm^2.

Ergebnisse:

Folien:	3952 kg/cm^2.
Spitzen:	4400 kg/cm^2.
Feilung:	4400 kg/cm^2.

Wie man sieht, zeigen alle Verspanungsarten vollkommen befriedigende Ergebnisse.

Gang der Druckfestigkeitsuntersuchung:

Das Amalgam wurde angerieben und zu Zylindern von 4 mm Durchmesser und 4 mm Höhe in einer Dornpresse geformt. Der Druck, unter dem allle Amalgame gepreßt wurden, betrug 6 kg, was dem Stopfdruck entspricht. 15 Minuten lang wurden diese Zylinder unter Druck gehalten, und darauf ließ ich sie 24 Stunden erhärten. Nachdem die beiden Grundflächen vollkommen parallel geschliffen waren, wurden sie einem immer steigenden Druck ausgesetzt. Es trat zuerst eine Verformung auf, die bei 250 kg $2^1/_2$ bis $3\,^0/_0$ betrug. Bei weiterer Belastung wurden die Versuchszylinder zertrümmert.

Biegungsfestigkeit.

Als Versuchskörper für die Biegungsfestigkeit diente ein rechtkantiges Amalgamstück, dessen Länge größer als 20 mm war. Der Querschnitt des Körpers hatte die Abmessungen 3,5 × 5 mm.

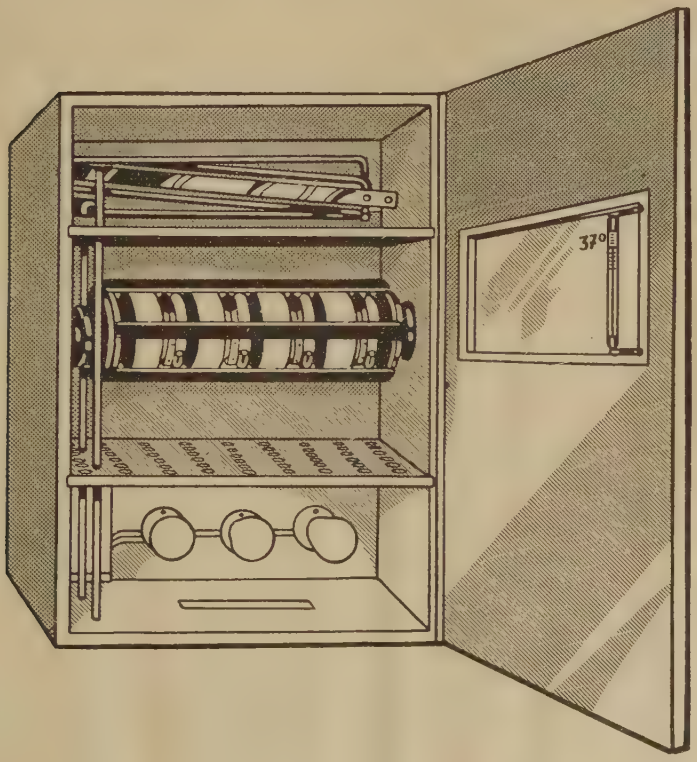
Die Belastung wurde so gewählt, daß die 5 mm-Seite vertikal stand. Dieser Körper wurde nun auf zwei parallele Schneiden gelagert, deren Entfernung 20 mm betrug. In der Mitte wurde das auf die Schneiden gelegte Amalgamstück durch ein Last P belastet. Bei einer Belastung von 25 kg zer-

brach der Körper. Unter dieser Voraussetzung wurde eine Zerreißfestigkeit von 9,6 kg pro mm² in der äußersten Phase ermittelt. Alle drei Verspanungsarten ergaben dieselben Werte.

Diese Probe lieferte freilich nur eine Maßzahl für die Festigkeit des Materials. Denn dieser Versuch sagt für die im Munde auftretende Beanspruchung nichts aus, da dort die Füllung nie einer Biegungskraft ausgesetzt wird.

Schlag- und Stoßfestigkeit.

Um nun die drei Materialien auf Schlag- und Stoßfestigkeit zu prüfen, stand mir die Jota-Prüfmaschine D. R. P zur Verfügung.



Im Prinzip handelt es sich bei dieser Prüfmaschine um einen Brutofen, wie man ihn zu bakteriologischen Kulturen gebraucht, der sich auf eine bestimmte Temperatur einstellen läßt. In diesem Ofen ist ein Stangengehäuse eingebaut, das vier Hartporzellantrommeln aufnehmen kann. Diese Trommeln dienen zur Aufnahme der Prüfkörper. Das Stangengehäuse läßt sich mit Hilfe eines Motors in eine regulierbare, rotierende Bewegung versetzen.

In diese Trommeln, die mit je 100 gr Wasser gefüllt wurden, legte ich je einen zu prüfenden, polierten Amalgamkörper, nachdem das Amalgam zu einer Kugel geformt worden war, und eine Erhärtungsdauer von 7 Tagen durchgemacht hatte, und verschloß sie luftdicht ab. Darauf wurden die Trommeln 72 Stunden bei 37° Celsius in Bewegung gesetzt. Natürlich war es nötig, daß vor Beginn und nach der Rotierung das genaue Gewicht festgestellt wurde.

Durch die dauernde Rotierung ist es ja erklärlich, daß kleinste Amalgampartikelchen abgesprengt wurden. Der Versuch hat gezeigt, daß bei dem zu untersuchenden Material folgende Verluste eintraten.

	Anfangsgewicht:	Endgewicht:	Verlust in %
Folien:	1,195	1,022	14,47 %
Spitzen:	1,125	1,005	10,06 %
Feilung:	1,176	1,046	11,05 %

Wie man nun an den Resultaten sieht, besteht kein wesentlicher Verlustunterschied zwischen den einzelnen Zerkleinerungsarten.

Den größten Verlust zeigt das Feilungsamalgam mit 14,47%, während Spitzen 10,06 %, und Feilung 11,05 % Verlust hat.

Reibungsverschleiß.

In demselben Apparat stellte ich auch die Untersuchungen auf Reibungsverschleiß an. Ich kleidete vorher die Trommel mit Gummi aus, um die Schlag- und Stoßwirkung auszuschalten.

Die zu untersuchenden, polierten Körper aus Amalgam wurden ausgewogen, in die Trommel gelegt, in der sich 50 gr Korund befanden. Ich habe sie 72 Stunden bei 37° Celsius rotieren lassen und dann wieder genau ausgewogen. Dabei ergaben:

	Anfangsgewicht,	Endgewicht:	Verlust in %
Folien:	1,075	1,073	0,18 %
Spitzen:	1,045	1,043	0,19 %
Feilung:	1,164	1,144	0,17 %.

Der Verlust zeigt, daß der Reibungsverschleiß aller drei Zerkleinerungsarten sehr minimal und ungefähr gleich ist.

Säurelöslichkeit; Alkalilöslichkeit.

Eine der ersten Anforderungen, die man an zahnärztlich verwendete Metallegierungen stellen muß, ist die, daß sie korrosionsfest sind. Unter Korrosion versteht man allgemein die Angreifbarkeit der Legierung durch Säuren und Basen.

Diese Vorgänge sind in der Hauptsache elektrolytischer Natur, indem sich zwischen den in der Legierung selbständig auftretenden Komponenten galvanische Elemente bilden, wobei dann eine besonders starke Lösung des unedlen Legierungsbestandteiles stattfindet. Diese Untersuchungen führte ich auch in der Jota-Prüfmaschine aus. Um nun die Säurelöslichkeit festzustellen, tat ich die erhärteten Amalgamkugeln in die Hartporzellantrommeln mit 10%iger Milchsäure. Für die Alkalilöslichkeit benutzte ich eine 10%ige Sodalösung.

Warum diese hochprozentigen Lösungen, die im Munde doch nicht vorkommen?

Zu der höheren Konzentration bin ich gekommen, um irgendwelche meßbaren Ergebnisse zu erhalten. Um die Schlag- und Stoßwirkung auszuschalten, kleidete ich vorher die Trommel mit Gummi aus. Ebenso stellte ich vorher wieder das genaue Gewicht fest. Ich ließ darauf die Trommel 72 Stunden rotieren und stellte wieder das Gewicht fest. Bei diesem Versuch betrug die Temperatur in der Maschine eben-

falls 37 Grad Celsius. — Ich fand nun, daß durch die Einwirkung der Säure bei den Folien ein Verlust von 0,64 % eintrat, während der bei den Spitzen 0,38 % und bei der Feilung 0,52 % betrug. Bei der Prüfung mit der 10 % Sodalösung waren alle Prüfkörper gleichmäßig resistent, und es trat überhaupt kein Verlust ein.

Säurelöslichkeit (10 % Milchsäure).

	Anfangsgewicht:	Endgewicht:	Verlust in %
Folien:	1,080	1,073	0,64 %
Spitzen:	1,044	1,038	0,38 %
Feilung:	1,136	1,130	0,52 %

Alkalilöslichkeit (10 % Sodalösung).

	Anfangsgewicht:	Endgewicht:	Verlust in %
Folien:	1,187	1,187	0 %
Spitzen:	1,132	1,132	0 %
Feilung:	1,181	1,181	0 %

Prüfung auf Farbbeständigkeit.

Schon von jeher ging das Bestreben, daß eine gut polierte Amalgamfüllung seine grauweiße, metallglänzende Oberfläche behält. Aber bis jetzt hat man noch keine befriedigende Resultate erzielt. Dasselbe Amalgam, das uns im Munde des einen Patienten befriedigt, hat in den Zähnen des anderen Patienten eine nahezu schwarze Oberfläche angenommen. Woran liegt nun die Verfärbung der Oberfläche?

Ich ordnete folgenden Versuch an: Von Folien, Spitzen, Feilung fertigte ich mir je einen Amalgamzylinder an. Nach vollkommener Erhärtung polierte ich sie auf Hochglanz und legte die Zylinder in Schwefelammonium, das ja ein Salz des Schwefelwasserstoffes ist. Hier konnte ich nun feststellen, daß nach ungefähr 3 Stunden eine Verfärbung von geblich brauner Farbe eintrat, die dann immer intensiver wurde und

nach 24 Stunden in eine vollkommen bräunlich schwarze Farbe übergegangen war.

Welche Einwirkung hat nun das Schwefelammonium auf das Amalgam?

Wir wissen, daß sich das Amalgam aus Quecksilber, Silber, Zinn, Kupfer und Zink zusammensetzt. Durch die Einwirkung von Schwefelammonium auf diese Metalle wurden immer ihre Sulfide gebildet. Schwefelwasserstoff oder eins ihrer Salze sind ja zwar keine Bestandteile des menschlichen Körpers. Sie entstehen aber besonders dort, wo eiweißhaltige Substanzen zersetzt werden, also auch in der Mundhöhle, vor allen Dingen wieder in der ungepflegten, in cariösen Zähnen und in den Interdentalräumen bei Fäulnis von Speiseresten, die sich dort festgesetzt haben. Schwefelwasserstoff entsteht ferner als Fäulnisprodukt im Eiter fauliger Abszesse. Deswegen darf man sich nicht wundern, wenn, entsprechend dem Schwefelammonium-Versuch, in einer ungepflegten Mundhöhle jede Amalgamfüllung sich verfärbt. Allerdings ist die Verfärbung nicht durchgehend, da sich nur die obere Schicht des Amalgams mit einem braunschwarzen Schwefelmetall bedeckt. Ein weiterer Grund für die Verfärbung ist, wie F e n c h e l angibt, wohl in der unvollkommenen Amalgamation zu suchen. Denn jedes unamalgamierte Metallpartikelchen verfärbt sich schneller als das Amalgam. Eine weitere Verfärbung der Füllung tritt ein, wenn der Randschluß, infolge kaum meßbarer Formveränderung der Füllung undicht wird, durch Bildung von Schwefelmetall am Füllungsrande, das allmählich immer weiter fortschreitet und so die Füllung verfärbt.

Expansion und Kontraktion.

Jedes Füllmaterial, das keine Volumenbeständigkeit aufweist, wäre für die Fülltechnik in der Zahnheilkunde illusorisch. Würde sich das Material kontrahieren, so wäre den Bakterien wieder die Möglichkeit gegeben, an den Rändern

der Kavität weiter vorzudringen. Ein ebensolch großer Nachwäre die Expansion, wenn auch durch Expansion der Randschluß gesichert wird. Durch allzustarke Expansion tritt natürlich eine Sprengwirkung ein. Diese kann bewirken, daß Teile des Schmelzes herausgesprengt werden.

Zur Prüfung auf Volumenbeständigkeit stehen die verschiedensten Möglichkeiten zur Verfügung. Zuerst machte ich die von Fenchel angegebene Eosinprobe. Diese beruht darauf, ob ein Amalgam in einer Glasröhre eine darüber befindliche Schicht Eosinlösung in eine unter dem Amalgam liegende Gipsschicht durchsickern läßt. Bei diesen Versuchen stellte sich nun heraus, daß kurz nach dem Stopfen bei allen Arten von Amalgam das Eosin am Rande des Glasröhrchens ungefähr 2 mm durchgesickert war, ein Zeichen also, daß eine kaum meßbare Kontraktion eingetreten war, die sich aber wieder durch die Expansion behob.

Um nun ungefähr Resultate für die lineare Ausdehnung der verschiedenen Amalgamkörper zu erhalten, mußte ich mich beim zweiten Versuch, da mir ein Orthotest der Firma Zeiss noch nicht zur Verfügung stand, mit mikroskopischen Messungen begnügen. Ich stellte mir zu diesem Zwecke Amalgamzylinder aus Folien, Spitzen und Feilung her, deren eines Ende ich fest einspannte. Das zweite Ende wurde unter einem Mikroskop mit geeichter Skala, die mir erlaubte Änderungen von 1 μ abzulesen, beobachtet. Hierbei konnte ich feststellen, daß die Körper kurz nach dem Anrühren eine kaum meßbare Kontraktion erlitten. Nach einer Stunde hatten die Körper wieder ihre ursprüngliche Länge. Im Laufe der nächsten 8 Tage dehnen sie sich um einige μ aus. Diese Ausdehnung ist groß genug, um einen guten Randschluß der Füllung garantieren zu können. Sie ist aber zugleich auch klein genug, sodaß keine Sprengwirkung eintreten kann. Da ich mit dem Mikroskop keine genauen Ergebnisse erzielen konnte, will ich auch keine Prüfungsergebnisse angeben. Denn die jeweilige

Temperatur, und vor allen Dingen jede Erschütterung spielen eine große Rolle.

Zusammenfassend kann ich sagen, daß die im Rahmen einer systematischen Untersuchung der verschiedenen Zerkleinerungsarten gefundenen Prüfungsergebnisse klar erkennen lassen, daß zwischen den einzelnen Arten der Zerkleinerung kein bedeutender Unterschied besteht. Während bei der Erhärtungsgeschwindigkeit ein Unterschied in der Verarbeitungsfähigkeit der einzelnen Amalgamarten besteht, so weist die Zeit der ersten Abbindung keine Unterschiede mehr auf. Bei der Prüfung auf Spaltfestigkeit hat die Feilung den Vorzug vor Folien und Spitzen, da sie einige Kilogramm Belastung mehr aushalten kann. Sonst besteht bei allen anderen ausgeführten Prüfungen kein nennenswerter Unterschied zwischen den Folien-, Spitzen- und Feilungsamalgamen.

Wir sehen, daß wir in ihnen ein brauchbares und wertvolles Füllungsmaterial besitzen. Aber auch kein anderes von allen Füllungsmaterialien bietet so sehr die Möglichkeit unsachgemäßer Behandlung, ohne daß die minderwertige Leistung und der Mißerfolg unmittelbar zu Tage treten. An solchen Mängeln, die dem Patienten erst in der Folgezeit eine Quelle von Belästigungen werden, Wiederauftreten von Karies, Herausfallen der Füllung, Irritation der Pulpa, Schädigung des Interdentalraumes, hat aber das Material als solches keine Schuld.

Für die Vortrefflichkeit einer gewissenhaft ausgeführten Amalgamfüllung spricht nicht nur, daß führende Leute wie Ad. Witzel, v. Black, in den ersten Reihen ihrer Förderer stehen, sondern auch die massenhafte Verarbeitung in der täglichen Praxis spricht von ihrer Nützlichkeit und ihrem Werte.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, Hern Prof. Dr. Proell für die freundliche Überlassung des Themas zu danken.

Ferner danke ich dem Jota-Werke, Gebrüder Funke A.-G., Düsseldorf und seinen Mitarbeitern, daß sie mir bei meiner Arbeit mit Rat und Tat, Überlassung des nötigen Materials und Prüfmaschinen, zur Seite gestanden haben.

Literaturverzeichnis.

Bade: Die Bedeutung der exakten Quecksilberdosierung bei der Anwendung von Amalgamgemischen. D. Z. W. 1929.

Choulant: Über die mechanischen Eigenschaften der handelsüblichen Amalgame. D. Z. W. 1934 Nr. 36.

Fenchel: Amalgame, Untersuchungs-, Verarbeitungs- und Herstellungsmethoden. Sammlung Meusser, Abhandlung aus dem Gebiete der klinischen Zahnheilkunde. Heft 9, Berlin 1920.

Haber: Neues zur Amalgamfrage. D. Z. W. 1928 Nr. 9.

Haber: Der Stand der Amalgamfrage bis Jahresende 1928. Z. R. 1929.

Husnot: Betrachtungen über das Silberamalgam. Referent Misch. Fortschritte der Zahnheilkunde 1925.

Lange: Was muß der Zahnarzt von den Amalgamen wissen. D. Z. W. 1926 Nr. 22, 23.

Loebisch: Vergleichende Untersuchungen verschiedener Amalgame mit 67 % Silber. D. Z. W. 1930 Nr. 9.

Loebisch u. Nowack: Über Amalgamprüfungsmethoden. D. Z. W. 1928, 1929.

Nyffenegger: Untersuchungen an Amalgamen. Schweiz. Monatsschrift für Zahnheilkunde. 1929 Nr. 15.

Pekert: Einführung in die konservierende Zahnheilkunde. Hirzel, Leipzig 1923.

Persen: Über den Einfluß der Folienform auf das Volumen der Zinn-Silberamalgame. Z. R. 1922 Nr. 3.

Schmid: Druckfestigkeit und Korrosionsuntersuchungen von Edelamalgamen. (Dissert.) D. Z. W. 1930 Nr. 12.

Scruzon: Der Platz des Amalgams in der Zahnheilkunde. Referent Misch. Fortschr. der Zahnheilkunde 1926.

Sterner-Rainer: Edelmetallegierungen und Amalgame in der Zahnheilkunde. Meusser, Berlin 1930.

Takacs: Die Veränderung des Volumens der Amalgame. Z. R. 1929 Nr 5.

Wannemacher: Ein Beitrag zur Amalgamfrage. D. Z. W. 1928 Nr. 4.

Wannemacher: Untersuchungen über verschiedene Eigenschaften der Silber-Zinn-Amalgame.
D. Z. W. 1929 S. 397.

Wannemacher: Untersuchungen über Zinn-Silberamalgame.
D. Z. W. 1920 S. 361.

Wannemacher: Weitere Untersuchungen über verschiedene Eigenschaften der Silber-Zinnamalgame.
D. Z. W. 1930 Nr. 13.

Witzel: Das Füllen der Zähne mit Amalgam.
Berlin, Verlagsanstalt 1889.

Lebenslauf.

Am 27. Juli 1908 wurde ich, Alois Kobold, in Katharinenberg, Kr. Mühlhausen Th., geboren. Nach Besuch der dortigen Volksschule und der Knabenübungsschule des Lyceums in Heiligenstadt, wohin meine Eltern im Jahre 1917 übersiedelten, besuchte ich seit Ostern 1918 das staatl. Gymnasium in Heiligenstadt, das ich Ostern 1929 mit dem Zeugnis der Reife verließ.

Nach sechs Semestern Geodäsie studierte ich sieben Semester Zahnheilkunde in Bonn. Das Physikum bestand ich nach dem 3. und das Staatsexamen nach dem 7. Semester.

Nach Erhalt der Approbation beschäftigte ich mich im 8. Semester mit vorliegender Aufgabe.